

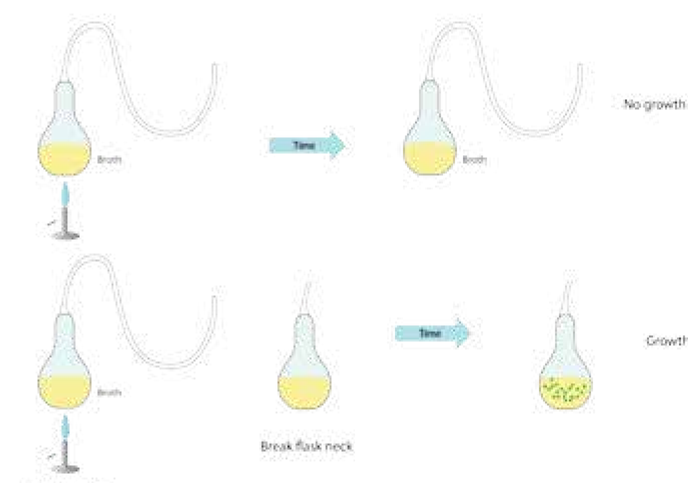
जीवन की उत्पत्ति

रसायनविज्ञान से जीवविज्ञान

नीरजा व्ही. बापट, चैतन्य व्ही. मुंगी एवं सुधा राजमणी

पृथ्वी पर जीवन की शुरुआत कैसे हुई होगी, यह लम्बे समय से एक रहस्य ही रहा है। यह लेख उन घटनाओं का शृंखलाबद्ध अन्वेषण करता है जिनके कारण साधारण रसायनों का मिश्रण प्रथम जीवित कोशिकाओं में रूपान्तरित हुआ होगा। इसके साथ ही लेख यह भी दर्शाता है कि पिछले कुछ वर्षों में इस रहस्य को सुलझाने में राइबोन्यूक्लीइक अम्ल (आरएनए) एक महत्त्वपूर्ण सूत्र के रूप में सामने आया है।

जीवन की उत्पत्ति को लेकर मनुष्य हमेशा से ही आश्चर्यचकित रहा है। एक प्रसिद्ध मान्यता के अनुसार जीवधारी स्वतःजनन द्वारा अजीवित पदार्थों से सहज रूप से उत्पन्न हो सकते हैं। अधिकांश लोग अपनी-अपनी धार्मिक मान्यताओं के चलते या उसके बग़ैर भी उक्त सिद्धान्त को सत्य ही मानते रहे क्योंकि वे प्रत्यक्ष रूप से देख सकते थे कि कुछ प्रकार के जीवधारी जैसे कि पिस्सू एवं इल्ली (मैगट) धूल-मिट्टी जैसे अजैविक पदार्थों एवं मृत जन्तुओं के शरीर से उत्पन्न होते हैं। अनेक दार्शनिकों ने स्वतःजनन की इस प्रक्रिया को 'पंचतत्व' या 'जैविक ऊष्मा' (वाइटल हीट) जैसी परिकल्पनाओं द्वारा स्पष्ट करने के प्रयास भी किए। किन्तु उन्नीसवीं सदी के मध्य



चित्र-1 : पाश्चर का हंस की गर्दन के आकार वाले फ्लास्क वाला प्रयोग। जब फ्लास्क की मुड़ी हुई नली यथावत थी तब जीवाणुरहित मांस के शोरबे में किसी प्रकार की वृद्धि नहीं हुई। इसके विपरीत, जब फ्लास्क की गर्दन तोड़ दी गई, जिसके कारण शोरबा, धूल-मिट्टी तथा हवा के सम्पर्क में आया तब सूक्ष्मजीवों की वृद्धि देखी गई।

लुई पाश्चर द्वारा किए गए प्रयोगों ने उक्त अवैज्ञानिक विचारों को असत्य प्रमाणित कर दिया।

पाश्चर ने मांस के शोरबे एवं हंस की गर्दन के आकार वाले एक विशेष प्रकार के फ्लास्क का उपयोग कर दर्शाया कि जीवन की उत्पत्ति बगैर किसी संदूषण के अजैविक पदार्थों से नहीं हो सकती (देखिए **चित्र-1**)। हंस की गर्दन के आकार वाले फ्लास्क में एक लम्बी नीचे लटकती मुड़ी हुई नली होती है जो किसी भी प्रकार के धूलकणों या बीजाणुओं (spores) को फ्लास्क में रखे मांस के शोरबे में पहुँचने से रोकती है। पाश्चर ने दो फ्लास्कों में मांस के शोरबे को उबाला - इनमें से एक फ्लास्क की गर्दन को यथावत रखा तथा दूसरे की गर्दन को तोड़ दिया। सूक्ष्मजीवों की वृद्धि बग़ैर गर्दन वाले फ्लास्क में देखी गई जबकि सामान्य फ्लास्क जीवाणुरहित रहा अर्थात उसमें किसी भी प्रकार के सूक्ष्मजीवों की उत्पत्ति नहीं हुई। प्रयोगों के इस परिणाम ने यह दर्शा दिया कि जटिल जीवन की उत्पत्ति केवल अन्य जीवित जीवधारियों से ही हो सकती है। इस घटना को Omne Uivam ex vivo कहते हैं अर्थात ''समस्त जीवन (है) जीवन के द्वारा''।

वर्तमान में हम जानते हैं कि उपरोक्त तथ्य सभी प्रकार के जीवधारियों के लिए भी लागू होता है अर्थात प्रत्येक जीवधारी की उत्पत्ति अन्य जीवधारी से जनन द्वारा होती है। उदाहरणार्थ, मांस में उपस्थित मक्खियों के अण्डों से मैगट निकलते हैं; जीवाणुओं एवं कवक के बीजाणुओं के कारण बासी खाद्य-पदार्थों/शोरबे में उनकी वृद्धि होती है तथा जटिल रचना वाले जीव लैंगिक जनन द्वारा भविष्य की पीढ़ियों को जन्म देते हैं। फिर भी यह प्रश्न तो अनुत्तरित ही रह जाता है कि सबसे प्रथम जीवधारी अस्तित्व में कैसे आया होगा? किस प्रकार के रासायनिक मिश्रणों ने जीवन की उत्पत्ति को सम्भव बनाया होगा? जीवन के प्रारम्भिक स्वरूपों ने ऊर्जा के किन स्रोतों का उपयोग किया होगा? पृथ्वी पर जीवन की उत्पत्ति को लेकर इस तरह के ढेरों प्रश्नों के अन्तिम निष्कर्ष ढूँढ़ना एक विकट चुनौती है।

इस बात को समझने के लिए कि किन विभिन्न चरणों में जीवन की उत्पत्ति हुई होगी, हमें समस्त जीवधारियों की बुनियादी क्रियात्मक इकाई कोशिका के स्तर पर जाना होगा। कोशिका सभी जीवों की आधारभूत इकाई मानी जाती है। एक कोशिका अपने आप में पूर्ण रूप से क्रियात्मक इकाई होती है जो कि एककोशिकीय जीवों जैसे बैक्टीरिया, अमीबा, पैरामीशियम, यीस्ट आदि द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। वास्तव में प्रत्येक कोशिका को एक ऐसी लघु फैक्ट्री के समान माना जा सकता है जो जीवित रहने, गति करने, वातावरण से भोज्य पदार्थों के अवशोषण एवं अपने ही समान सन्तति उत्पन्न करने हेतु जनन करने के लिए आवश्यक ऊर्जा उत्पन्न कर सके। इस चमत्कारिक अद्भुत कार्य को करने के लिए कोशिका प्रोटीन नामक सूक्ष्म मशीनों का उपयोग करती है। प्रत्येक प्रकार का प्रोटीन कोशिका के लिए विशिष्ट कार्य करता है। प्रोटीन निर्माण एक विस्तृत प्रक्रिया द्वारा किया जाता है, जिसके अन्तर्गत कोशिका के आनुवंशिक पदार्थ से प्राप्त निर्देशों के अनुसार ऐमीनो अम्लों को स्थानान्तरण की प्रक्रिया के एक निश्चित क्रम में जोड़ा जाता है। कोशिका का आनुवंशिक पदार्थ डिऑक्सीराइबोन्यूक्लीक अम्ल (डीएनए) होता है जो कोशिकीय प्रक्रियाओं को सम्पन्न करने के लिए समस्त सूचनाओं का संग्रहण करता है। इस तरह से वह 'जीवन के ब्लू प्रिंट' का कार्य करता है। स्वयं डीएनए का निर्माण अनेक प्रकार के एंजाइमों की क्रिया द्वारा सम्पन्न होता है। सभी एंजाइम भी प्रोटीन ही होते हैं। अर्थात डीएनए में संग्रहित सूचना के अनुरूप प्रोटीनों का संश्लेषण होता है एवं डीएनए के निर्माण में प्रोटीन आवश्यक होते हैं। यह इन दो प्रकार के महत्त्वपूर्ण जैविक अणुओं के परस्पर आधारित निर्माण की प्रक्रिया है, जो जीवन की उत्पत्ति को रहस्यमय बनाती है। इन दोनों अणुओं, डीएनए या प्रोटीन में से पहले कौन अस्तित्व में आया होगा अर्थात पहले सूचना या क्रिया (उत्प्रेरण)? यह प्रश्न पहले कौन 'मुर्गी या अण्डा' के समान ही दुविधापूर्ण है।

इस प्रश्न का उत्तर देने के लिए वैज्ञानिकों ने अनेक प्रकार के प्रयास किए हैं, एक सम्भावित उत्तर है कि दोनों ही नहीं! इसके बजाए रासायनिक रूप में डीएनए का सम्बन्धी एक अन्य जैविक अणु आरएनए सर्वप्रथम अस्तित्व में आया होगा। आरएनए एक अनोखा जैविक अणु है, जो डीएनए एवं प्रोटीन दोनों के कार्य कर सकता है अर्थात आनुवंशिक सूचनाओं का संग्रहण (जैसे कि आरएनए वायरसों में) तथा उपापचयी क्रियाओं के उत्प्रेरण में (राइबोजाइम के रूप में अर्थात आरएनए के अनुक्रम जो एंजाइम के समान कार्य करते हैं)। चूँकि आरएनए ही एकमात्र ऐसा अणु है जो उपरोक्त दोनों गुणों का उपार्जन कर सकता है (केवल अपवाद स्वरूप एवं अत्यन्त असाधारण परिस्थितियों में), यह सम्भव है कि प्रारम्भिक जीवधारी आरएनए के विशिष्ट अणु हों जो एक नेटवर्क के रूप में सामूहिक रूप से कार्य करते हों

बॉक्स - 1 : उभयस्नेही (Amphiphiles)

एम्फीफीलि दो ग्रीक शब्दों *'एम्फीस'* अर्थात 'दोनों' एवं *फिला'* अर्थात 'स्नेह' से उद्भूत हुआ है। उभयस्नेही यौगिक वे होते हैं जिनमें जलस्नेही (hydrophilic/polar) तथा जलविरोधी (hydrophilic/non-polar) दोनों ही प्रकार के रासायनिक समूह उपस्थित होते हैं। इस तरह से जलीय घोलों में उभयस्नेही अणु ऐसे आकार ले लेते हैं कि उनके जलविरोधी समूह जल से दूर ही रहें। साबुन, डिटर्जेण्ट, मक्खन एवं तेल जैसे पदार्थ जिन्हें हम दैनिक जीवन में उपयोग करते हैं, उभयस्नेही पदार्थ के ही उदाहरण हैं।

(उपापचय के समान)। इस प्रकार के आरएनए नेटवर्क में हुए बाद के विकास के कारण जीवों में जटिलता आई होगी जो हमें वर्तमान में देखने को मिलती है। किन्तु यदि इस तरह से पृथ्वी पर प्रारम्भिक जीवन का विकास हुआ है, तब ये आरएनए अणु किस तरह से आपस में जुड़े होंगे कि जीवधारियों की उत्पत्ति हो गई? वातावरण की कौन-सी परिस्थितियाँ इस प्रक्रिया में सहायक हुई होंगी?

अनेक जीवाश्म अभिलेखों ने दर्शाया है कि वर्तमान में जो जैव विविधता देखने को मिल रही हैं वह करोड़ों वर्षों के दौरान एककोशिकीय इकाइयों में हुए विकास का परिणाम है। इस विकास के कारण ही जटिल बहुकोशिकीय जीवधारी अस्तित्व में आए। यह तथ्य सुझाता है कि प्रारम्भिक जीवधारी एक कोशिका से भी अधिक सरल रचना वाले

बॉक्स-2 : जीवन पूर्व रसायनशास्त्र

जैसा कि नाम से स्पष्ट है, जीवन पूर्व रसायनशास्त्र उन रासायनिक घटनाओं का अध्ययन है, जो पृथ्वी पर जीवन के अस्तित्व में आने के पूर्व हुई थीं। इसमें कुछ ऐसी क्रियाओं का अन्वेषण किया जाता है, जैसे जैविक एकलकों का निर्माण, इन एकलकों से बहुलकों का निर्माण एवं बहुलकों के ऐसे जीवनक्षम संयोजनों का निर्माण जो अन्ततः जीवन को अस्तित्व में ला सकें। यह एक अत्याधिक अन्तरविषयी क्षेत्र है जिसमें विभिन्न विषयों जैसे रसायनशास्त्र, भूगर्भशास्त्र, कम्प्यूटर अनुकरण, खगोलशास्त्र, भौतिकशास्त्र एवं जीवविज्ञान आदि की अन्तर्दृष्टि समाहित है।

रहे होंगे। वास्तव में पृथ्वी पर जीवन सम्बन्धी खोजे गए सबसे पुरातन जीवाश्म अभिलेख जो कि हाल के वर्षों में ग्रीनलैण्ड की चट्टानों से प्राप्त किए गए हैं, वे साधारण परतनुमा रचनाएँ हैं जिन्हें स्ट्रोमेटोलाइट कहते हैं। ये स्ट्रोमेटोलाइट, जो कि शाखा से लेकर शंकु के आकार के हो सकते हैं सायनोबैक्टीरिया जैसे सूक्ष्मजीवों की क्रिया के कारण निर्मित होते हैं। ये रचनाएँ लगभग 370 करोड़ वर्ष पुरानी हैं। इनसे पहले निर्मित कोशिका के समान रचनाएँ सम्भवतया इनसे भी अधिक सरल रही होंगी। इन पुरातन रचनाओं को प्रायः 'आदिकोशिकाएँ' (protocells) कहते हैं। राष्ट्रीय वैमानिकी एवं अन्तरिक्ष प्रशासन (नासा) की ओर से आदिकोशिका को इस प्रकार से परिभाषित किया गया है -



चित्र-2 : पृथ्वी पर हुए प्रारम्भिक जीवन के विकास के समय एक तथाकथित आरएनए जगत का अस्तित्व रहा होगा। माना जाता है कि आरएनए ने सूचनाओं के आदान-प्रदान अणु के रूप में कार्य करने के साथ ही तथाकथित आरएनए जगत में उत्प्रेरक का कार्य भी किया होगा।

'आदिकोशिका एक झिल्ली से घिरा हुआ आनुवंशिक पदार्थ है, जो वृद्धि, प्रतिकृति निर्माण एवं डार्विनी विकास के लिए सक्षम है।' इस तरह की रचना की कल्पना करने के लिए एक ऐसी आदिकोशिका की कल्पना करें जिसमें केवल दो आधारभूत घटक हैं - एक बाह्य झिल्ली जो प्रोटीन या न्यूक्लीक अम्ल जैसे क्रियाशील आणविक तंत्र को घेरे हुए है। मात्र इन दो घटकों की उपस्थिति ने ही आदिकोशिका को जटिल जीवधारियों में विकसित होने योग्य बनाया होगा।

समस्त आधुनिक जीवित कोशिकाएँ भी झिल्ली से घिरी रचनाएँ होती हैं। ये झिल्लियाँ अणुओं के कोशिका के भीतर एवं बाहर आने-जाने को चयनात्मक रूप से नियंत्रित करने के साथ ही उनके उपापचयी नेटवर्क एवं आनुवंशिक पदार्थ को बाहरी वातावरण से भी सुरक्षा प्रदान करती हैं। यद्यपि कोशिकाओं को सीमित करने वाली झिल्लियों का संघटन कोशिका के प्रकार के अनुरूप बदलता रहता है, ये मुख्य रूप से जटिल लिपिड अणुओं द्वारा निर्मित होती हैं। इसके विपरीत आदिकोशिकाओं में आधुनिक कोशिकाओं की तरह ऐसी कोई विस्तृत मशीनरी नहीं थी जिसे वे जटिल लिपिड अणुओं का संश्लेषण करते हुए उनकी पूर्णता को भी बनाए रखें। इस तरह से यह सम्भव है कि उनको घेरने वाली झिल्लियाँ अत्यन्त सरल वसा अम्लों जैसे उभयस्नेही अणुओं द्वारा निर्मित रही हों। (देखिए **बॉक्स-1**) अध्ययन दर्शाते हैं कि न केवल साधारण एवं जटिल उभयस्नेही स्वयं एकत्र होकर झिल्लीनुमा रचनाओं का निर्माण करते हैं बल्कि कुछ परिस्थितियों में वे विभाजित होकर इसी तरह की और रचनाओं का निर्माण भी कर सकते हैं। अन्य प्रयोगों द्वारा दर्शाया जा चुका है कि इन रोचक अणुओं में न्यूक्लीक अम्लों एवं प्रोटीनों को सहज रूप से पुटिकाओं रूपी कक्षों में संपुटन (encapsulation) करने की क्षमता होती है। इन संपुटनकारी झिल्लियों की मुख्य भूमिका आनुवंशिक

पदार्थ की सुरक्षा करना रही होगी। फिर भी, आधुनिक कोशिका झिल्लियों के समान ही वसा अम्लों से निर्मित झिल्लियों को भी आस-पास के वातावरण से संसाधनों का चयनात्मक अवशोषण करने के लिए स्पर्धा करते हुए दर्शाया जा चुका है। विकास की प्रक्रिया के लिए यह एक अत्यन्त ही महत्त्वपूर्ण लक्षण है।

दूसरी ओर, प्रारम्भिक आनुवंशिक पदार्थ बिना किसी प्रोटीन की सहायता के कोडित सूचनाओं को अगली पीढ़ी में स्थानान्तरित करने की क्षमता रखते हैं। इस तथ्य को पिछले अनेक दशकों में स्पष्ट रूप से जीवन पूर्व रसायनशास्त्र (Prebiotic chemistry) से सम्बन्धित अनेक प्रयोगों द्वारा दर्शाया जा चुका है। (देखिए **बॉक्स-2**)। यद्यपि अकार्बनिक अभिकारकों (जैसे अमोनियम सायनेट) से कार्बनिक अणुओं (जैसे यूरिया) का संश्लेषण सर्वप्रथम फ्रेडरिक वोहलर द्वारा उन्नीसवीं सदी के आरम्भ में प्रदर्शित किया गया था, जीवन पूर्व रसायन के क्षेत्र में वास्तविक कार्य का आरम्भ यूरे-मिलर द्वारा किए गए प्रसिद्ध प्रयोग से माना जाता है। 1950 के दशक में जीव-रसायनशास्त्री स्टेनले मिलर एवं हेरॉल्ड यूरे ने प्रदर्शित किया कि ऐमिनो अम्ल जैसे जटिल कार्बनिक यौगिकों का सहज रूप से निर्माण अत्यन्त सरल रचना वाले रसायनों जैसे जल, मीथेन, अमोनिया एवं हाइड्रोजन के द्वारा नवनिर्मित पृथ्वी के समान कृत्रिम वातावरण की परिस्थितियों का निर्माण कर किया जा सकता है।

पिछले कुछ वर्षों में जीवन की उत्पत्ति पर काम करने वाले अनेक शोधकर्ता प्रारम्भिक आनुवंशिक पदार्थ के रूप में आरएनए अणु को मानने के पक्ष में रहे हैं (देखिए **चित्र-2**)। इस मत का समर्थन हमें जीवित कोशिकाओं में आरएनए द्वारा किए जाने वाले कार्यों की जानकारी से मिलता है। जैसा कि हम पूर्व में देख चुके हैं आरएनए न केवल सूचनाओं का संग्राहक अणु है बल्कि आधुनिक कोशिकाओं में प्रोटीन संश्लेषण हेतु उत्प्रेरक का कार्य भी करता है। यह तथ्य कि आरएनए अणु आधुनिक कोशिकाओं में प्रोटीन निर्माण मशीनरी में प्रमुख कार्य का निष्पादन करता है, इस बात को दृढ़ता से समर्थन भी देता है कि पृथ्वी पर आरम्भ में होने वाले जीवन के विकास के समय भी तथाकथित आरएनए जगत का अस्तित्व रहा होगा। वैज्ञानिक दर्शा चुके हैं राइबोन्यूक्लियोटाइड स्वयं एकत्र होकर आरएनए बहुलकों का निर्माण बिना किसी जैविक एंजाइम के सम्पूर्ण रासायनिक वातावरण में कर सकते हैं। वैज्ञानिक आरएनए अणुओं का विकास एंजाइमों (या राइबोजाइम) की क्रिया द्वारा प्रयोगशाला में सफलतापूर्वक दर्शा चुके हैं। दुनिया भर के वैज्ञानिक इन दिनों आरएनए और इसी के समान न्यूक्लीक अम्ल अणुओं की हूबहू रासायनिक प्रतिकृति बनाने के प्रयास कर रहे हैं। इस तथ्य को ध्यान में रखते हुए कि आधुनिक कोशिकाओं के प्रतिकृति निर्माण की प्रक्रिया में अत्यधिक नियंत्रण द्वारा अनेक प्रोटीन एक साथ मिलकर कार्य करते हैं, मात्र रासायनिक क्रियाओं द्वारा इस लक्ष्य को प्राप्त कर लेना आसान नहीं होता है।

हमारी प्रयोगशाला में इस बात को समझने सम्बन्धी शोधकार्य हो रहा है कि रसायनों के उद्भव तथा नवनिर्मित पृथ्वी के समान कृत्रिम परिस्थितियाँ निर्मित कर एंजाइम की अनुपस्थिति में न्यूक्लीक अम्लों की प्रतिकृति निर्माण का आधार क्या है। हम यह भी समझ बनाने का प्रयास कर रहे हैं कि जीवन पूर्व अणु जैसे लिपिड, मिट्टी के कण आदि की उपस्थिति में आरएनए के एकलकों द्वारा आरएनए बहुलकों के निर्माण की क्या प्रक्रिया हो सकती है? हम विशेष रूप से तथाकथित आरएनए जगत से एंजाइम मुक्त सूचना प्रेषी अणुओं की प्रतिकृतियाँ बनाने की दर एवं सटीकता को समझने का प्रयास कर रहे हैं। इन अध्ययनों का उद्देश्य प्रारम्भिक पृथ्वी पर आदिकोशिकाओं के उद्भव एवं विकास को समझना है।

निष्कर्ष के रूप में ऐसा प्रतीत होता है कि पृथ्वी पर जीवन के प्रारम्भिक इतिहास में सरल आदिकोशिकाओं का उद्भव जटिल रसायनशास्त्र की प्रक्रिया से जीवविज्ञान की ओर परिवर्तन को दर्शाता है। फिर भी इस प्रक्रिया को समझने में कतिपय चुनौतियाँ अभी भी रह गई हैं। इनमें से एक चुनौती तो आरएनए (या न्युक्लीक अम्लों) के बार-बार स्वतः प्रतिकृति चक्रों का प्रदर्शन है जिसे ''आणविक जीववैज्ञानिकों का स्वप्न'' कहा जाता है। दूसरी चुनौती के रूप में यह दर्शाना है कि स्वतंत्र जीवित रह सकने वाली आदिकोशिकाओं जैसी रचनाएँ विकास के योग्य हैं। परिणामस्वरूप, हमें हमारे लक्ष्य को प्राप्त करने के लिए परखनली में कृत्रिम कोशिका निर्मित करने की दिशा में बहुत कुछ करना है। फिर भी, यह सम्भव है एवं यदि प्राप्त कर लिया तो हमारी पृथ्वी पर जीवन की उत्पत्ति सम्बन्धी चुनौतीपूर्ण प्रश्नों में से कुछ का उत्तर हम खोज सकेंगे।

Note: Credits for the image used in the background of the article title: Class I Ligase Ribozyme. David Shechner, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Class_I_Ligase_Ribozyme.jpg. License: CC-BY-SA.



नीरजा बापट बायोटेक्नोलॉजी में स्नातक एवं स्नातकोत्तर डिग्री लेने के पश्चात् पुणे स्थित इण्डियन इंस्टिट्यूट ऑफ साइंस एजूकेशन एवं रिसर्च (आईआईएसईआर) नामक संस्था में प्री-बायोटिक केमिस्ट्री में डॉक्टरेट की उपाधि हेतु अध्ययनरत हैं। मुख्य रूप से उनका कार्य सह विलेय एवं आणविक क्राउडिंग की एंजाइम मुक्त स्थानान्तरण क्रियाओं की भूमिका को आरएनए जगत परिकल्पना के सन्दर्भ में समझने पर केन्द्रित है। उनसे nirja.bapat@students.iiserpune.ac.in सम्पर्क किया जा सकता है।



चैतन्य मुंगी ने जयहिन्द कॉलेज मुम्बई से बायोटेक्नोलॉजी में स्नातक डिग्री लेने के पश्चात सन् 2011 में आईआईएसईआर पुणे में समाकलित पीएचडी कोर्स में प्रवेश लिया। इनका कार्य उन रासायनिक प्रक्रियाओं को समझना है जिनके कारण नवनिर्मित पृथ्वी पर बहुलकों का संश्लेषण हुआ होगा। चैतन्य की रुचि विज्ञान के लोकव्यापीकरण एवं सम्प्रेषण में भी रही है। उनसे cvmungi@students.iiserpune.ac.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।



सुधा राजमणि पुणे स्थित आईआईएसईआर की केमिकल ओरिजिन ऑफ़ लाइफ (COoL) प्रयोगशाला में सहायक प्राध्यापक एवं विभागाध्यक्ष हैं। इनका प्रमुख कार्य उन क्रमिक घटनाओं को स्पष्ट करना है जिनके कारण जीवन पूर्व पृथ्वी पर प्रारम्भिक जीवन की उत्पत्ति एवं विकास हुआ होगा। **अनुवाद :** भरत पूरे